

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **(11) 2 634 546** **(13) C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
G01B 15/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 08.10.2018)

(21)(22) Заявка: 2016121276, 30.05.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.05.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.05.2016

(45) Опубликовано: 31.10.2017 Бюл. № 31(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2052796 C1, 20.01.1996. RU
2380259 C1, 27.01.2010. RU 2398248 C1,
27.08.2010. US 5481266 A, 02.01.1996.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Носков Владислав Яковлевич (RU),
Игнатков Кирилл Александрович (RU),
Чупахин Андрей Павлович (RU)

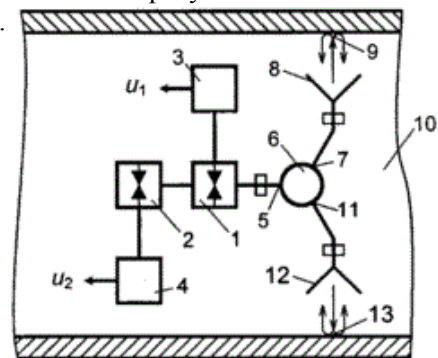
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

**(54) АВТОДИННЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ
НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ****(57) Реферат:**

Изобретение относится к технике неразрушающего контроля изделий, а именно к устройствам для бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий с использованием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, и может быть применено в машиностроительной, трубопрокатной и химической промышленности. Датчик содержит первый и второй связанные между собой взаимной связью автодинные СВЧ-генераторы, к которым соответственно подключены первый и второй блоки выделения автодинного сигнала. Причем первый автодинный СВЧ-генератор соединен также с первым плечом трехплечего циркулятора, ко второму плечу которого подключена первая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на первую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, а к третьему плечу - вторая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на вторую локальную область контроля внутренней поверхности изделия,

противолежащую первой локальной области. Технический результат заключается в повышении точности измерений. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к технике неразрушающего контроля изделий, а именно к устройствам для бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий с использованием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, и может быть применено, в частности, в машиностроительной, трубопрокатной и химической промышленности.

Известны устройства для контроля внутренних размеров металлических изделий с круглым сечением отверстий, содержащие СВЧ-генератор (см. SU 637683, 15.12.1978 [1], SU 1355916 A1, 30.11.1987, [2]). Недостатками этих устройств являются низкая чувствительность и сложность аппаратуры, а также недостаточная точность измерений при высокой трудоемкости их выполнения.

Известно устройство для контроля внутренних размеров металлических труб круглого сечения отверстий, содержащее автодинный СВЧ-генератор, в цепь питания которого подключен резистор для выделения автодинного сигнала (см. RU 2052796 C1, 20.01.1996 [3]).

К недостаткам рассмотренных выше устройств относятся невозможность определения овальности полости и разностенности трубы, а также их непригодность для контроля внутренних размеров труб иной формы сечения, например, прямоугольной.

Известно также устройство для бесконтактного контроля внутренних размеров изделий, содержащее первую и вторую приемопередающие антенны и циркулятор, а также автодинный СВЧ-генератор, в цепь питания которого подключен блок выделения автодинного сигнала (см. Носков В.Я. Автодинный СВЧ-датчик для бесконтактного контроля внутренних размеров изделий // 23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013): материалы конференции в 2 т. (Севастополь, 8-13 сент. 2013 г.) Севастополь: Вебер, 2013. Т. 2. С. 1051-1052 [4]).

Недостатком этого устройства является наличие погрешности измерений, связанной с несоосным расположением измерительной головки и измеряемого отверстия, что является не всегда приемлемым в эксплуатации.

Наиболее близким аналогом (прототипом) по технической сущности и принципу действия является устройство для бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий, содержащее автодинный СВЧ-генератор, связанный с блоком выделения автодинного сигнала и первым плечом трехплечевого циркулятора, ко второму плечу которого подключена первая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на первую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, а к третьему плечу трехплечевого циркулятора - вторая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на вторую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, противолежащую первой локальной области (см. RU 2579644 C1 от 11.03.2016, опубл. 20.12.2015, Бюл. №35 [5]).

К недостатку прототипа следует отнести наличие погрешности измерений из-за различия качества обработки или износа внутренней поверхности контролируемых изделий, появления пыли или влаги на пути распространения СВЧ-излучения, влияния изменений температуры окружающей среды на показания, а также необходимости выполнения периодической калибровки устройства.

Таким образом, техническая задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, состоит в том, чтобы повысить точность измерения внутренних размеров изделий за счет уменьшения погрешности, вызванной изменениями крутизны преобразования датчика в указанных условиях.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в автодинном датчике для бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий, содержащем первый автодинный СВЧ-генератор, связанный с блоком выделения автодинного сигнала и первым плечом трехплечего циркулятора, причем ко второму плечу трехплечего циркулятора подключена первая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на первую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, а к третьему плечу - вторая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на вторую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, противолежащую первой локальной области, для повышения точности измерений к первому автодинному СВЧ-генератору подключен посредством взаимной связи второй автодинный СВЧ-генератор, связанный со вторым блоком выделения автодинного сигнала.

Применение в предлагаемом устройстве вместо одного автодинного СВЧ-генератора - двух, выполненных в виде системы взаимно связанных синхронизированных СВЧ-генераторов, обеспечивает возможность получения на выходе подключенных к ним блоков выделения двух автодинных сигналов, с относительным сдвигом фаз на 90 градусов. При этом первый сигнал является основным измерительным, а второй - дополнительным, обеспечивающим определение раствора дискриминационной характеристики на каждом измерении. Это позволяет определять крутизну преобразования величины отклонения размера от номинального в величину выходного сигнала с учетом отмеченных выше факторов и, тем самым, повысить точность измерений и исключить необходимость периодической калибровки устройства.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена структурная схема автодинного датчика; на фиг. 2 приведены эпюры, поясняющие принцип преобразования изменений внутреннего размера изделий в выходной сигнал автодинного датчика и определения величины крутизны преобразования.

Устройство содержит (см. фиг. 1) первый 1 и второй 2 автодинные СВЧ-генераторы, выполненные в виде системы взаимно связанных синхронизированных генераторов (см. Носков В.Я. Двухдиодный автодинный приемопередатчик // Приборы и техника эксперимента. 2015. №4. С. 65-70 [6]), первый 3 и второй 4 блоки выделения автодинного сигнала, выполненные, например, по одной из схем, представленных в статье [7], и связанные соответственно с первым 1 и вторым 2 автодинными СВЧ-генераторами. При этом первый 1 автодинный СВЧ-генератор подключен также к первому плечу 5 трехплечего циркулятора 6 (см. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. - М.: Высшая школа. 1970. С. 290-294 [8]), ко второму плечу 7 которого подключена первая приемопередающая антенна 8, диаграмма излучения которой направлена на первую локальную область 9 контроля внутренней поверхности изделия 10. К третьему плечу 11 циркулятора 6 подключена вторая приемопередающая антенна 12, диаграмма излучения которой направлена на вторую локальную область 13 контроля внутренней поверхности изделия 10, противолежащую первой локальной области 9 контроля.

Первый 1 и второй 2 автодинные СВЧ-генераторы могут быть выполнены со стабилизацией частоты генерации, например, внешним высокочастотным резонатором (см. описание в статье [6]). Данное решение обеспечивает долговременную стабильность работы устройства и повышение точности измерений. Связь между автодинными СВЧ-генераторами может быть выполнена в виде отрезка линии передачи, например, волноводной [6].

Для локализации областей облучения внутренних поверхностей изделий могут быть использованы следующие технические решения:

Первая 8 и вторая 12 приемопередающие антенны могут быть выполнены в виде открытого конца волновода (см. описание прототипа [5]).

На внешней поверхности автодинного датчика вокруг первой 8 и второй 12 приемопередающих антенн для уменьшения потерь СВЧ-излучения может быть реализован принцип устройства «дрессельного фланца», имеющего кольцевую канавку глубиной приблизительно в четверть длины волны в свободном пространстве (см. рис. 8.2. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. - М.: Высшая школа. 1970. С. 236 [8]). При этом расстояние от канавки до середины широкой стенки волновода должно быть также приблизительно равно четверти длины волны в свободном пространстве.

Внешняя поверхность автодинного датчика, за исключением областей раскрыва первой 8 и второй 12 приемопередающих антенн для дополнительного уменьшения потерь СВЧ-излучения и влияния отражений от посторонних объектов, может быть покрыта слоем радиопоглощающего полимерного материала, выполненного,

например, на основе наполнителя из микросфер карбонильного железа или феррита (см. Радиопоглощающие материалы и покрытия, <http://ru.wikipedia.org> [9]).

Устройство работает следующим образом.

При подаче напряжения от источника питания (на фиг. 1 он не показан) в первом 1 и втором 2 автодинных СВЧ-генераторах возникают СВЧ-колебания, которые ввиду взаимной связи между СВЧ-генераторами имеют общую частоту ω_0 .

Электромагнитное СВЧ-излучение первого 1 автодинного СВЧ-генератора в виде первичного излучения, следуя передающим (например, волноводным) трактом по пути: первое плечо 5 циркулятора 6 - второе плечо 7 циркулятора 6, поступает в первую приемопередающую антенну 8. Данная антенна 8 формирует излучение, которое облучает первую локальную область 9 на внутренней поверхности изделия 10 с одной его стороны. Отраженное от первой локальной области 9 СВЧ-излучение возвращается в первую приемопередающую антенну 8 и далее, благодаря развязывающему свойству циркулятора 6, отделяется от облучающего излучения, следуя волноводным трактом по пути: второе плечо 7 циркулятора 6 - третье плечо 11 циркулятора 6, поступает во вторую приемопередающую антенну 12. Вторая приемопередающая антенна 12 формирует СВЧ-излучение, которое облучает вторую локальную область 13 на внутренней поверхности изделия 10, но с противоположной стороны отверстия относительно первой локальной области 9. Отраженное от второй локальной области 13 СВЧ-излучение возвращается во вторую приемопередающую антенну 12 и далее, благодаря развязывающему свойству циркулятора 6, отделяется от облучающего излучения, следуя волноводным трактом по пути: третье плечо 11 циркулятора 6 - первое плечо 5 циркулятора 6, поступает в резонатор первого 1 автодинного СВЧ-генератора 1 в виде вторичного излучения.

Вторичное излучение вызывает в системе взаимосвязанных первого 1 и второго 2 автодинных СВЧ-генераторов изменения частоты генерации, а также амплитуд колебаний и величины смещения (тока или напряжения) активных элементов (диодов Ганна, лавинно-пролетных диодов, СВЧ-транзисторов и др.). Данные изменения описываются следующими выражениями (см. формулы (1)-(3) статьи: Носков В.Я. Двухдиодный автодинный приемопередатчик // Приборы и техника эксперимента. 2015. №4. С. 65-70 [6]):

$$a_{01} = \Gamma_1 \Gamma_2 W K_{01} \cos[(4\pi l / \lambda) - \psi_{01}],$$

$$a_{02} = \Gamma_1 \Gamma_2 W K_{02} \cos[(4\pi l / \lambda) - \psi_{02}],$$

$$a_1 = \Gamma_1 \Gamma_2 W K_1 \cos[(4\pi l / \lambda) - \psi_1],$$

$$a_2 = \Gamma_1 \Gamma_2 W K_2 \cos[(4\pi l / \lambda) - \psi_2],$$

$$\Delta\omega = -\Gamma_1 \Gamma_2 W L \omega_0 \sin[(4\pi l / \lambda) + \theta],$$

где

a_{01} , a_{02} - относительные изменения смещения активных элементов первого 1 и второго 2 автодинных СВЧ-генераторов соответственно;

a_1 , a_2 - относительные изменения амплитуд колебаний первого 1 и второго 2 автодинных СВЧ-генераторов соответственно;

$\Delta\omega$ - изменения частоты колебаний;

Γ_1 , Γ_2 - коэффициенты отражения (по амплитуде) СВЧ-излучения от первой 9 и второй 13 локальных областей на внутренней поверхности изделия 10;

W - амплитудный коэффициент затухания излучения при его распространении волноводным трактом по пути: первый 1 автодинный СВЧ-генератор - первая локальная область отражения 9 на внутренней поверхности изделия 10 - вторая локальная область 13 отражения на внутренней поверхности изделия 10 - первый 1 автодинный СВЧ-генератор;

K_{01} , K_{02} , K_1 , K_2 , L - коэффициенты автодетектирования, автодинного усиления и девиации частоты, зависящие от внутренних параметров автодинных СВЧ-генераторов 1 и 2;

l - общее расстояние, пройденное СВЧ-излучением по пути: автодинный СВЧ-генератор 1 - первая локальная область 9 отражения на внутренней поверхности изделия 10 - вторая локальная область 13 отражения на внутренней поверхности изделия 10 - автодинный СВЧ генератор 1;

ψ_{01} , ψ_{02} , ψ_1 , ψ_2 , θ - углы фазового смещения соответствующих автодинных изменений, зависящие от внутренних параметров автодинных СВЧ-генераторов 1 и 2

и параметров их взаимной связи;

λ - длина волны излучения в волноводном тракте.

Изменения смещения a_{01} , a_{02} активных элементов и амплитуд a_1 , a_2 колебаний автодинных СВЧ-генераторов 1 и 2 преобразуются в выходные сигналы u_1 , u_2 устройства с помощью блоков 3 и 4 выделения автодинного сигнала. Альтернативные технические решения блоков 3 и 4 выделения автодинного сигнала известны. Например, при регистрации изменений смещения активных элементов, выполненных на диоде Ганна, блоки 3 и 4 выделения могут быть выполнены в виде резистора в цепи питания диода Ганна (см. патент RU 2052796 C1, 20.01.1996 [3]) или в соответствии с одной из схем, представленных в статье: Носков В.Я., Смольский С.М. Регистрация автодинного сигнала в цепи питания генераторов на полупроводниковых диодах СВЧ. (Обзор) // Техника и приборы СВЧ. 2009. №1. С. 14-26 [7]. Для регистрации изменений амплитуды колебаний обычно используются детекторные диоды, помещенные в резонатор автодинного СВЧ-генератора (см., например, фиг. 2 патента: RU 2295911 C1, 27.03.2007 [10]) или в передающую линию (волновод), связанную с этим резонатором (см., например, фиг. 1 статьи: Kotani M., Mitsui S., Shirahata K. Load-Variation Detector Characteristics of a Detector-Diode Loaded Gunn Oscillator // Electronics and Communications in Japan. 1975. Vol. 58-B. No. 5. P. 60-66 [11]).

Изменения частоты $\Delta\omega$ колебаний в системе взаимно синхронизированных генераторов обычно малы, и их влиянием на формирование выходных сигналов можно пренебречь [6]. Поэтому в представленных выше выражениях все функции, описывающие зависимость выходных сигналов от расстояния l , являются практически гармоническими и отличаются лишь амплитудными значениями и углами относительного фазового смещения. Выбором собственных параметров настройки автодинных СВЧ-генераторов 1 и 2 и параметров связи между ними можно, как описано в статье [6], получить значения разности фаз $\Delta\psi_0 = \psi_{01} - \psi_{02}$ и (или) $\Delta\psi = \psi_1 - \psi_2$ равными 90 градусов. Учитывая сделанные замечания, далее рассмотрим работу датчика на примере двух выходных сигналов блоков 3 и 4 выделения автодинных сигналов без учета углов ψ_{01} , ψ_{02} , ψ_1 и ψ_2 , которые запишем в виде:

$$u_1(l) = A_{m1} \cos[(4\pi l / \lambda)],$$

$$u_2(l) = A_{m2} \cos[(4\pi l / \lambda) + (\pi / 2)],$$

где

$A_{m1} = A_{01} \Gamma_1 \Gamma_2 W K_1$, $A_{m2} = A_{02} \Gamma_1 \Gamma_2 W K_2$ - амплитуды автодинных сигналов;

A_{01} , A_{02} - амплитуды колебаний первого 1 и второго 2 автодинных генераторов в стационарном режиме автономных колебаний, когда воздействие отраженного излучения отсутствует.

На фиг. 2, поясняющей принцип преобразования отклонений от номинального значения внутреннего размера Δl изделия в выходной сигнал, представлен вид функций $u_1(l)$ и $u_2(l)$. В окрестности рабочей точки D_0 функция $u_1(l)$ имеет смысл дискриминационной характеристики автодинного датчика: $u_1 \equiv u_1(\Delta l)$. В этой точке

обеспечивается наибольшая крутизна преобразования $S_{пр}$, которая определяется как первая производная функции $u_1(l)$ в этой точке: $S_{пр} = 4\pi A_{m1} / \lambda$.

При этом в рабочей точке D_A функции $u_2(l)$ выходной сигнал соответствует уровню его амплитуды $u_2(l) = A_{m2}$. Данный уровень точно так же зависит от

параметров Γ_1 , Γ_2 , W , как и уровень амплитуды A_{m1} сигнала $u_1(l)$. При этом зависимость этих амплитуд от значений коэффициентов K_1 и K_2 в блоках выделения автодинных сигналов 3 и 4 можно выровнять соответствующей регулировкой. Поэтому графики $u_1(l)$ и $u_2(l)$ на фиг. 2 построены при одинаковой амплитуде $A_m = A_{m1} = A_{m2}$, и получаемое в точке D_A значение A_{m2} может учитываться при вычислении крутизны $S_{пр}$ дискриминационной характеристики $u_1(l)$.

Перед проведением измерений внутренних размеров изделий сначала находят положение рабочей точки D_0 . Для этого устройство вводят в полость образцового изделия (ОИ) с номинальным значением внутреннего размера $l_{обр}$ (см. эпюры на фиг.

2) и выполняют регулировку электрической длины волноводного тракта между автодинным СВЧ-генератором 1 и первым плечом 5 циркулятора 6. Это достигается изменением его физической протяженности или введением в этот тракт регулируемого фазовращателя. Данную регулировку выполняют до нахождения такой электрической длины волноводного тракта, при которой выходной сигнал блока 3 выделения обеспечивает свое среднее значение $u_{1обр}$ на дискриминационной характеристике, соответствующее рабочей точке D_0 .

Для измерения отклонения $\Delta l_{изм}$ внутренних размеров $l_{кон}$ контролируемого изделия от номинального значения $\Delta l_{изм} = l_{кон} - l_{обр}$ автодинный датчик помещают в полость контролируемого изделия (КИ) (см. эпюры на фиг. 2). Полученное значение отклонения выходного сигнала $\Delta u_{изм} = u_{1кон} - u_{1обр}$ умножают на величину крутизны преобразования $S_{пр}$ и получают искомый результат: $\Delta l_{изм} = \Delta u_{изм} S_{пр}$. При этом крутизна преобразования находится как: $S_{пр} = 4\pi u_{2кон} / \lambda$, где $u_{2кон}$ - значение выходного сигнала на выходе блока 4 выделения автодинного сигнала. Отметим, что при выборе длины волны λ излучения автодинного датчика такой, что измеряемые максимальные отклонения $\Delta l_{изм}$ размеров $\Delta l_{изм(макс)} \ll \lambda / 8$, влиянием отклонений $u_{2кон}$ от значения $u_{2обр}$ можно пренебречь.

Таким образом, предложенный автодинный датчик обеспечивает возможность при выполнении измерений одновременно учитывать изменения крутизны преобразования, вызванной указанными в критике прототипа факторами, и тем самым повысить точность измерений и исключить операцию периодической калибровки.

Использование предлагаемого датчика для измерения внутренних диаметров круглых отверстий и труб локализация областей облучения внутренней поверхности изделия позволяет выполнять измерения в зависимости от угла поворота датчика. Это обеспечивает возможность определять овальность и, при известных внешних размерах трубы, - ее разностенность, а также некоторые механические дефекты, например, раковины, вмятины и трещины.

При придании датчику формы, соответствующей форме внутреннего сечения полости изделия, с возможностью помещения его внутри этой полости, обеспечивается возможность измерения внутренних размеров не только полости круглой формы, но и любой иной, например, овальной, прямоугольной, или в виде многогранников. Таким образом, предлагаемое устройство сохраняет функциональные возможности прототипа при повышенной точности измерений без выполнения периодической калибровки, что снижает также трудоемкость выполнения измерений.

При использовании в датчике однотипных автодинных СВЧ-генераторов зависимость коэффициентов K_1 и K_2 от изменений температуры практически одинакова. Поэтому в предлагаемом датчике составляющая погрешности, обусловленная изменениями температуры среды, вносит пониженный вклад в общую погрешность и может быть скомпенсирована, что является дополнительным его преимуществом.

Источники информации

1. Авт. св. №637683 (СССР). Устройство для контроля внутренних размеров круглого волновода. МКИ² G01R 29/08. Оpubл. 19.12.1978., Б.И. №46. / А.Д. Олейников.

2. Авт. св. №1355916 А1 (СССР). Датчик для контроля внутренних размеров металлических труб. МКИ⁴ G01N 22/00. Оpubл. 30.11.1987., БИ №44 / И.Е. Куров, П.А. Путилов, В.В. Потапов, В.В. Козлов, М.И. Гуревич, Г.П. Путилова, С.В. Перельман, Л.Ф. Циферблат.

3. Патент №2052796 С1 (РФ). Устройство для контроля внутренних размеров металлических труб. МКИ⁶ G01N 22/00, G01B 7/16. Оpubл. 20.01.1996., БИ №2 / И.Е. Куров, Е.М. Гершензон, П.А. Путилов, Г.П. Путилова, В.В. Потапов, В.В. Козлов.

4. Носков В.Я. Автодинный СВЧ-датчик для бесконтактного контроля внутренних размеров изделий // 23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013): материалы конф. в 2 т. (Севастополь, 8-13 сент. 2013 г.) Севастополь: Вебер, 2013. Т. 1. С. 1051-1052.

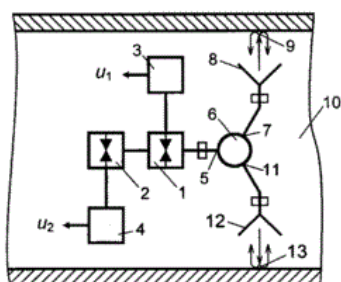
5. Патент №2579644 С1 (РФ). Способ бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий и устройство для его осуществления МКИ G01N 22/00, G01B 15/00. Оpubл. 20.12.2015, Бюл. №35 / В.Я. Носков.

6. Носков В.Я. Двухдиодный автодинный приемопередатчик // Приборы и техника эксперимента. 2015. №4. С. 65-70.
7. Носков В.Я., Смольский С.М. Регистрация автодинного сигнала в цепи питания генераторов на полупроводниковых диодах СВЧ. (Обзор) // Техника и приборы СВЧ. 2009. №1. С. 14-26.
8. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. М.: Высшая школа. 1970. 439 с.
9. Радиопоглощающие материалы и покрытия // Интернет <http://ru.wikipedia.org>
10. Патент №2295911 С1 (РФ). Способ дистанционного контроля физиологических параметров жизнедеятельности организма. МПК А61В 5/05. Опубл. 27.03.2007, Бюл. №9 / Д.А. Усанов, Ал.В. Скрипаль, Ан.В. Скрипаль, Ал.В. Абрамов, А.Э. Постельга, А.С. Боголюбов.
11. Kotani M., Mitsui S., Shirahata K. Load-Variation Detector Characteristics of a Detector-Diode Loaded Gunn Oscillator // Electronics and Communications in Japan. 1975. Vol. 58-B. No. 5. P. 60-66.

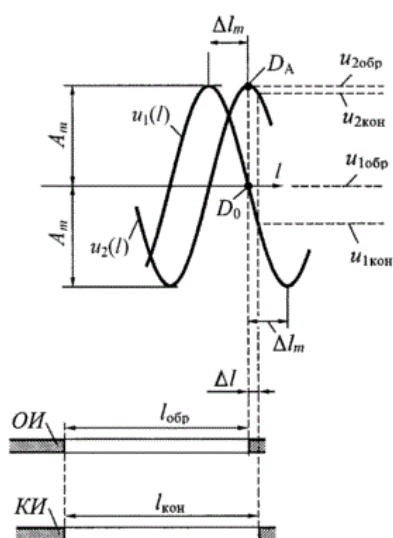
Формула изобретения

1. Автодинный датчик для бесконтактного измерения отклонений от номинального значения внутренних размеров металлических изделий, содержащий первый автодинный СВЧ-генератор, связанный с первым блоком выделения автодинного сигнала и первым плечом трехплечего циркулятора, причем ко второму плечу трехплечего циркулятора подключена первая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на первую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, а к третьему плечу - вторая приемопередающая антенна, диаграмма излучения которой направлена на вторую локальную область контроля внутренней поверхности изделия, противоположающую первой локальной области, отличающийся тем, что к первому автодинному СВЧ-генератору подключен посредством взаимной связи второй автодинный СВЧ-генератор, связанный со вторым блоком выделения автодинного сигнала.
2. Автодинный датчик по п. 1, отличающийся тем, что взаимная связь между первым и вторым автодинными СВЧ-генераторами выполнена в виде отрезка линии передачи, например, волновода.
3. Автодинный датчик по п. 1, отличающийся тем, что автодинные СВЧ-генераторы выполнены в виде СВЧ-генераторов со стабилизацией частоты внешним высокочастотным резонатором.
4. Автодинный датчик по п. 1, отличающийся тем, что первая и вторая приемопередающие антенны выполнены в виде открытого конца волновода.

**АВТОДИННЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
ОТКЛОНЕНИЙ ОТ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЙ ВНУТРЕННИХ
РАЗМЕРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**



Фиг. 1.



Фиг. 2.